

О.Є. Скворчевський

**ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ
ПРОПОРЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮ-
ВАЧІВ**

Представлено сучасні багатофункціональні пропорційні електрогідрравлічні перетворювачі. Показано виконаний автором обсяг робіт їх розробки та дослідження. Окреслено галузі їхнього застосування для подальшого впровадження в машинобудуванні. Рис. 2. Табл. 1. Джерел 14.

Постановка проблеми у загальному вигляді

Розвиток гідропривода та його все більша інтеграція з електронікою торкнулися майже усіх галузей машинобудування, зокрема військових та цивільних мобільних машин, технологічного обладнання тощо. Розвиток електронно-гідрравлічних систем іде як шляхом впровадження більш досконалих насосів, гідродвигунів та гідроапаратури, так і шляхом передачі все більшої кількості функцій керуючій електроніці. Стало звичним керування гідрообладнанням за допомогою мікропроцесорів. Перспективним є використання в електронно-гідрравлічних системах сучасних досягнень теорії автоматичного керування, а саме використання адаптивних систем автоматичного керування, в тому числі систем із змінною структурою, а також штучних нейронних мереж. Сучасні підходи автоматизації для керування електрогідрравлічними приводами дозволяють підвищити їх точність, збільшити ККД, розширити сферу застосування таких приводів. При створенні сучасних електронно-гідрравлічних систем велике значення мають електрогідрравлічні перетворювачі (ЕГП) – проміжні ланки між гідроприводом та керуючою електронікою. Тому створення сучасних ЕГП є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз публікацій

Автором ведеться робота з розробки та дослідження перспективних ЕГП для систем наведення і стабілізації озброєння військових машин. В рамках даної науково-дослідної роботи виконано значний обсяг розробок і досліджень. Проведено ґрунтовний аналіз схемних рішень електрогідрравлічних перетворювачів [1]. Виявлені їх переваги та недоліки. Показано, що найбільш прийнятним варіантом ЕГП для електрогідрравлічних приводів колісних та гусеничних машин військового призначення є ЕГП на базі елементу сопло-заслінка та пропорційного електромагніту з поступальним рухом якоря. Це обумовлено відносною простотою його конструкції, невисокою чутливістю до зовнішніх магнітних полів та механічних вібрацій, відносно невисокими вимогами до класу чистоти робочої рідини, високою потужністю вихідного сигналу, що дозволяє керувати безпосередньо виконавчим механізмом. Але значною вадою такого ЕГП є відкритість каналу сопла, що не забезпечує можливості запирання каналу регульованого тиску та порожнин, пов'язаних з ним, а також зміни тиску керування від максимальних значень до мінімальних. Автором проведена розробка схемного рішення ЕГП на базі елементу

сопло-заслінка, встановленого послідовно ньому зворотному клапану та електромагніту з поступальним рухом якоря. Запропонований ЕГП забезпечує можливості запирання каналу регульованого тиску та порожнин, пов'язаних з ним, а також зміни тиску управління від максимальних значень до мінімальних, при збереженні усіх переваг, які мають ЕГП на базі елементу сопло-заслінка та пропорційного електромагніту. На запропонований тип ЕГП автор отримав патент України на винахід [2]. Розроблений ЕГП доцільно назвати багатофункціональним пропорційним електрогідравлічним перетворювачем (БПЕГП). Він суміщає функцію перетворення та підсилення малопотужного вхідного електричного сигналу в потужний пропорційний вихідний гідравлічний сигнал з функцією запирання робочих порожнин гідроциліндра у відсутності сигналу керування. Це досягається завдяки тому, що елемент сопло-заслінка та зворотний клапан встановлені послідовно, жорстко з'єднані та приводяться до руху одним електромагнітом. При цьому, незалежність роботи елементу сопло-заслінка та зворотного клапану забезпечується різним порядком величини їх робочих ходів. Так, порядок робочого ходу зворотного клапана складає 10^{-3} м, а елементу сопло-заслінка – 10^{-4} м. Проведено експериментальне дослідження впливу конфігурації феромагнітних шунтів рухомого полюса електромагнітів на їх статичні тягові характеристики. На базі цих досліджень створений пропорційний електромагніт для роботи у складі БПЕГП. На пропорційний електромагніт з визначеним впливом феромагнітних шунтів рухомого полюса на тягові характеристики автором отриманий патент України на винахід [3]. Розроблена математична модель БПЕГП [4].

При розробці та дослідженні БПЕГП ставиться задача створення таких перетворювачів, які б в першу чергу відповідали вимогам використання у складі електрогідравлічних систем колісних та гусеничних машин військового призначення. Також розглянуті перетворювачі мають бути технологічними, мати доступну ціну та бути уніфікованими як для військових, так і для цивільних машин. Такий підхід дозволить виготовляти БПЕГП у серійному виробництві, що значно знизить їх собівартість.

Постановка задачі

Задачею даної статті є окреслення областей застосування багатофункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів для їх подальшого впровадження в різних галузях машинобудування.

Багатофункціональний пропорційний електрогідравлічний перетворювач та його області застосування

Конструктивна схема БПЕГП представлена на рис. 1. Докладний опис його конструкції та функціонування представлений в роботах [2, 5].

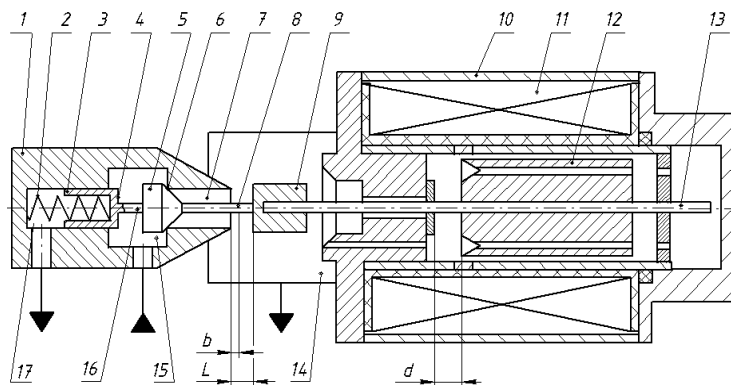


Рис. 1. Конструктивна схема багатофункціонального пропорційного електрогідравлічного перетворювача:

1 – сопло; 2 – пружина; 3 – поршень; 4 – торець поршня; 5 – запірний елемент; 6 – сідло клапана; 7 – канал сопла; 8 – штовхач; 9 – заслінка; 10 – пропорційний електромагніт; 11 – котушка; 12 – якір; 13 – штовхач електромагніта; 14 – порожнина зливу; 15 – порожнина регульованого тиску; 16 – шийка; 17 – дренажна порожнина

В роботі [6] запропоновані схемні рішення секційних пропорційних гідророзподільників, де у якості керуючих ступенів використовуються БПЕГП. В статті [7] представлена клапанна гідроапаратура з пропорційним електричним керуванням, де також використовуються БПЕГП. Дипломна робота автора для одержання кваліфікації магістра інженерної механіки присвячена розробці та дослідженню електронно-гідравлічної системи керування начипним обладнанням тракторів. В розробленій системі у якості узгоджувачих пристроїв між приводом та електронною системою керування також використовуються БПЕГП. В даний час автор займається розробкою електронно-гідравлічних систем військових машин. В даній статті пропонується електронно-гідравлічна система натягу гусениць танка.

Актуальність створення систем керування натягом гусениць представлена в роботах [8, 9]. Показано, що застосування цих систем дозволяє знизити внутрішні втрати у вузлах гусеничного рушія.

Відома система натягу гусениці, яка містить направляюче колесо, кривошип, черв'ячну пару [10]. Однак така система не забезпечує дистанційного керування натягу гусениці під час руху танка в залежності від швидкості його руху, стану ґрунту та рельєфу місцевості, а також постійного контролю за натягом гусениці. Відома також система натягу гусениці танка, яка містить направляюче колесо, кривошип, гідроциліндр зі штоком та поршнем, канали підводу та зливу робочої рідини [11]. Однак, в такій системі фіксація отриманого натягу досягається запиранням робочої рідини у порожнинах гідроциліндра. Явище перетікання робочої рідини в гідроциліндрі та гідроапаратах може приводити до зменшення тиску в робочих порожнинах гідроциліндра, зменшення сили натягу гусениці і спадання гусениці. Крім того, така система не дозволяє здійснювати автоматичне підтримання постійної сили натягу гусениці незалежно від рельєфу місцевості.

Задачею даної розробки є здійснення дистанційного керування сили натягу гусениці в залежності від швидкості руху танка та стану ґрунту, а також здійснення автоматичного підтримання постійної сили натягу гусениці незалежно від рельєфу місцевості.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу гідросистеми регулювання зусилля гідроциліндра введено БПЕГП та зворотний зв'язок по тиску в порожнині гідроциліндра за допомогою датчика. Це забезпечує постійну силу натягу гусениці при зміні рельєфу місцевості, по якій рухається танк. Схема електронно-гідравлічної системи натягу гусениці показана на рис. 2. Вона має гусеницю (1), на яку спираються опорні котки (2), має направляюче колесо (3), встановлене на одному з важелів кривошипа (4), який шарнірно закріплений в корпусі танка. Інший важіль кривошипа (4), шарніром (5) з'єднаний зі штоком (6) та поршнем (8) гідроциліндра (10), що через шарнір (11) з'єднаний з корпусом танка. Гідроциліндр (10) містить штокову порожнину (7) та поршневу порожнину (9). До штокової порожнини (7) приєднана дренажна лінія (12). До поршневої порожнини (9) приєднані нагнітальна лінія (13) та лінія (14) керування тиском. Нагнітальна лінія (13) з дроселем (15) сполучає поршневу порожнину (9) гідроциліндра (10) з насосом (16). Зворотний клапан (17) запобігає зливу робочої рідини з поршневої порожнини (9) при вимкненому насосі (16). Запобіжний клапан (18) зливає надлишок робочої рідини до бака (19) і забезпечує захист насосу. У лінії (14) керування тиском встановлений БПЕГП, який включений в контур автоматичного

регулювання тиску в поршневій порожнині (9) гідроциліндра (10). Електронний блок (21) призначений для перетворення вхідного керуючого сигналу $U_{\text{вх.}}$ на струм I керування електромагнітом (не позначений) БПЕГП (20) і забезпечення зворотного зв'язку по тиску в поршневій порожнині (9) гідроциліндра (10). Для вимірювання тиску в поршневій порожнині (9) гідроциліндра (10) та подачі сигналу $U_{\text{з.з.}}$ до електронного блоку (21) призначений датчик (22).

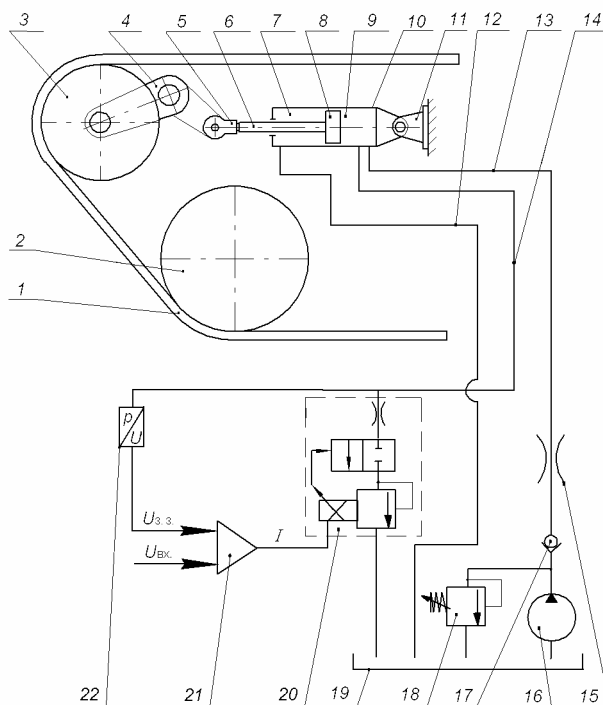


Рис. 2. Схема електронногидравлічної системи натягу гусениці танка:
1 – гусениця; 2 – опорний коток; 3 – напрямлююче колесо; 4 – кривошип; 11, 5 – шарніри; 6 – шток; 7 – штокова порожнина; 8 – поршень; 9 – поршневна порожнина; 10 – гідроциліндр; 12 – дренажна лінія; 13 – нагнітальна лінія; 14 – лінія керування тиском; 15 – дросель; 16 – насос; 17 – зворотний клапан; 18 – запобіжний клапан; 19 – бак; 20 – БПЕГП; 21 – електронний блок; 22 – датчик

Електронно-гидравлічна система натягу гусениці танка працює наступним чином. При відсутності сигналу керування $U_{\text{вх.}}$ на електронному блоці (21) БПЕГП (20) знаходиться в позиції з перекритими каналами і, таким чином, запирає лінію (14) керування тиском. Таким чином, поршнева порожнина (9) гідроциліндра (10) замкнена з однієї сторони електрогидравлічним перетворювачем (20) «нормально-закритого» типу, а з другої – зворотним клапаном (17). Поршень (8) зі штоком (6), кривошип (4) з напрямлюючим колесом (3) знаходяться у фіксованому положенні, яке забезпечує необхідну силу натягу гусениці (1).

При вмиканні насоса (16) в поршневій порожнині (9) гідроциліндра (10) встановлюється тиск, що дорівнює тиску настройки запобіжного клапана (18).

На початку руху танка зі швидкістю V_1 з пульту керування або з бортового комп'ютера подається вхідний сигнал $U_{\text{вх.1}}$ на електронний блок (21), який після відповідних перетворень подає на електромагніт БПЕГП (20) струм I_1 . БПЕГП (20) встановлює в поршневій порожнині (9) тиск p_1 . Таким чином, кожній швидкості V_1, V_2, \dots, V_N руху танка відповідають рівні тиску p_1, p_2, \dots, p_N . Зусилля тиску робо-

чої рідини в поршневій порожнині (9) через поршень (8) зі штоком (6) та кривошип (4), передається на направляюче колесо (3), яке натягує гусеницю (1). Таким чином, кожному рівню швидкості V_1, V_2, \dots, V_N танка відповідає визначена сила натягу гусениць (1). Крім того, з пульту керування задається сигнал $U_{вх.}$ з урахуванням стану ґрунту.

Зміна рельєфу місцевості при русі танка, наприклад, при наїзді на нерівності, буде впливати на силу натягу гусениці (1), а отже і на тиск в поршневій порожнині (9) гідроциліндра (10). Датчик (22) вимірює тиск в поршневій порожнині (9) і подає на вхід електронного блока (21) сигнал $U_{з.з.}$ зворотного зв'язку. Цей сигнал порівнюється з вхідним сигналом $U_{вх.}$ і після відповідних перетворень здійснюється корегування струму живлення БПЕГП (20) так, щоб повернути рівень тиску до встановленого. Таким чином, підтримуючи постійним тиск p у поршневій порожнині (9), система підтримує постійною силу натягу гусениці (1).

Використання БПЕГП та зворотного клапана (17) дозволяє надійно запирати поршкову порожнину (9) при відсутності сигналу керування та при відключеному насосі (16). Для запобігання спадання гусениці (1) при аварійному пошкодженні елементів гідросистеми передбачені упори (не показані), які обмежують кут повороту кривошипа (4). Таким чином, використання запропонованої системи дозволяє здійснювати автоматичне підтримання постійної сили натягу гусениці незалежно від рельєфу місцевості за рахунок введення до її складу розробленого БПЕГП та зворотного зв'язку по тиску в порожнині гідроциліндра.

БПЕГП є пристроями подвійного призначення, тобто вони можуть застосовуватись, як у військовій, так і у цивільній техніці. Сфери можливого застосування БПЕГП представлені в таблиці.

Таблиця

Області можливого застосування багатфункціональних пропорційних електрогідравлічних перетворювачів

Військова техніка	Цивільна техніка	
	Мобільні машини	Стаціонарні машини
1. Системи наведення і стабілізації озброєння	1. Системи керування начипним обладнанням тракторів	1. Метало- та деревообробні верстати
2. Системи адаптивного натягу гусениць танків та тракторів		2. Ковальсько-пресове обладнання
3. Фрикційні амортизатори зі змінним моментом опору		3. Машини для лиття металів
4. Об'ємні гідромашини та гідропередачі з пропорційним електрогідравлічним керуванням витратою та тиском		
5. Механічні трансмісії з електрогідравлічним керуванням.		5. Термопласт-автомати
6. Приводи в ремонтно-евакуаційних машинах, мостокладальниках та ін.)	6. Приводи комунальних та дорожньо-будівельних машин	6. Роботи та автоматизовані технологічні лінії

Розроблені БПЕГП, які є проміжною ланкою між сучасними системами комп'ютерного управління та виконавчими гідроприводами машин та технологічного устаткування, пропонуються для впровадження:

- на Заводі ім. Малишева в системах стабілізації озброєння військових гусеничних машин, де вони дозволять забезпечити суттєве підвищення динамічних характеристик;

- на Харківському тракторному заводі в системах керування начіпним обладнанням тракторів з регуляторами глибини оранки, які забезпечують суттєву економію палива (15 – 25 %) на оранці;
 - на Виробничому об'єднанні «Турбоатом» у регуляторах гідротурбін з комп'ютерним керуванням і зворотнім зв'язком по частоті обертання роторів;
 - в АТ «Гідроапаратура» у складі секційних гідророзподільників з дистанційним пропорційним електрогідрравлічним керуванням для будівельно-дорожніх машин та іншого технологічного обладнання;
 - на Харківському заводі «Гідропривод» у складі регуляторів об'ємних гідронасосів з дистанційним електрогідрравлічним пропорційним керуванням подачею і тиском;
- а також на інших заводах України.

Висновки та перспективи подальших досліджень

В статті окресленні області застосування БПЕГП для їх подальшого впровадження в різних галузях машинобудування. Приведена нова схема електронно-гідрравлічної системи натягу гусениць, де також використовуються БПЕГП.

Серед подальших напрямків дослідження БПЕГП потрібно відзначити: математичне моделювання БПЕГП, розробка креслень та виготовлення експериментальних зразків, експериментальне дослідження статичних та динамічних характеристик БПЕГП; ідентифікація математичної моделі БПЕГП.

Література

1. Ніконов О.Я., Скворчевський О.Є. Порівняльний аналіз схемних рішень електрогідрравлічних перетворювачів для систем приводів колісних та гусеничних машин спеціального призначення // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №1. – С. 57-64.
2. Патент України на винахід № 76766. Електрогідрравлічний підсилювач. Авт. Скворчевський О. Є., Заявка № 2004021138 від 17.02.2004 МПК (2006) F15B 3/00. Опубл. 15. 09. 2006, бюл. № 9.
3. Патент України на винахід № 75780. Пропорційний електромагніт. Авт. Скворчевський О.Є., Заявка № 20040705646 від 12.07.2004 МПК (2006) H01F7/08. Опубл. 15. 05. 2006, бюл. № 5.
4. Скворчевський О.Є. Математична модель багатофункціонального пропорційного електрогідрравлічного перетворювача // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 6. – С. 30 – 33.
5. Скворчевський О.Є. Багатофункціональний пропорційний перетворювач для електрогідрравлічних приводів колісних та гусеничних машин // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – 2006. – № 1. – С. 189-195.
6. Скворчевський А.Е. Комплект унифицированного гидравлического оборудования для систем гидроприводов мобильных машин // Східно-европейський журнал передових технологій. – 2004. – №4. – С. 13-15.
7. Скворчевський А.Е. Математическое моделирование функционирования клапанной гидроаппаратуры с электрическим пропорциональным управлением // Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – 2004. – № 1. – С. 229-235.
8. Кохановский Н.В. и др. Факторы снижения виброактивности верхней ветви гусеничного обвода быстроходных транспортных машин. // Вестник НТУ «ХПИ». Транспортное машиностроение. – 2005. - №37. – С. 105-112.
9. Водченко О.П. К расчету устройств управления натяжением гусениц экономичного промышленного гусеничного хода. // Вестник НТУ «ХПИ». Транспортное машиностроение. – 2005. - №37. – С. 45-54.
10. Бархударов Л.Г., Петров В.А. Танки. Основы теории і конструкции. – М.: Изд. академии БТВ, 1968. – 353 с.
11. Буров С.С. Конструкция и расчет танков. – М.: Изд. академии БТВ, 1973. – 602 с.